簡易粒径計測システムー導入説明書（動作確認用）

An Introduction Manual of Simple Drop-sizing System

豊橋技術科学大学　鈴木孝司

Takashi SUZUKI, Toyohashi Univ. of Tech.

本システムは「**噴霧の平均粒径を測定する低予算で必要最低限のシステム**」を意図して開発を進めているものです。粒子群にレーザー光を照射して、得られた散乱光のパターンをデジタルカメラで記録し、その画像を PC で解析するしくみです。原理上、**噴霧パターンが時間変動する噴霧や間欠噴霧は測定できません**。定常的な噴霧や気泡流など散乱光のパターンや強さの時間変動が無視できるようなものならば、散乱光強度が強すぎる場合や弱すぎる場合を除き、各種の平均粒径の測定が可能です。また、粒径の頻度分布の概略を調べることも可能です。

システムの設定・調整には、ある程度の基礎知識が必要です。また、使用に際しては結果の妥当性を注意深く吟味する必要があります。これが困難な方は市販の計測機器を使用して下さい。

簡易粒径計測システムの光学系には、市販のカメラ用アクセサリーなどで構成される「ポータブル型」と専用のベンチを用いる「定置型」があります。本書ではポータブル型の光学系を対象として、簡易粒径計測システムを導入するための必要最低限の情報をまとめます。計測原理（レーザー回折）や粒径頻度分布，各種の平均粒径については、文献(1)(3)を参照して下さい。また、簡易粒径計測システムのプログラムの構成などについては、文献(5)を参照して下さい。

表１　使用部品一覧（ポータブル型光学系）

品名・仕様	数量
ベローズアタッチメント Nikon PB-6	1
エクステンションベローズ Nikon PB-6E（ベース部のみ使用）	1＋
クローズアップレンズ ケンコー MC No.10, 52mmー焦点距離 100mm （大きな粒子を測定する場合にはケンコーAC No.5, 52mmー焦点距離 200mm） （小さな粒子を測定する場合には Nikon Ai Nikkor 50mm F1.2Sー焦点距離 50mm）	1
ND フィルター ケンコー MC-ND400, 52mm	1
ND フィルター ケンコー Pro-ND8, 52mm （半導体レーザーの光量不足の場合には Pro-ND4 or Pro-ND2, 52mm に交換）	1
F-C マウントアダプター Edmund # **54341**G（Nikon 製でも可）	1
OM リングセット ケンコー 52mm（50mm F1.2S レンズ使用時，両オスのみ使用）	1
フリープレート ハクバ WL 型（半分のみ使用）	1
半導体レーザー キコー技研 MLXA-A12-635-5（コリメーター付き）	1
ベースマウント キコー技研 MBM-12-XY	1
CMOS カメラキット EPIX SV9M001 Monochrome （インターフェイスボード PIXCI-D，ビュアーソフト XCAP-Lite を含む）	1
上記カメラキット対応の PC（Dell Dimension8400 相当品） CPU=PentiumⅣ-2GHz 以上，OS=WindowsXP，RAM=1GB 以上，PCI スロット=３本以上 ビデオカード=ATI 製または Matrox 製（マザーボード・オンチップタイプは不可）	1

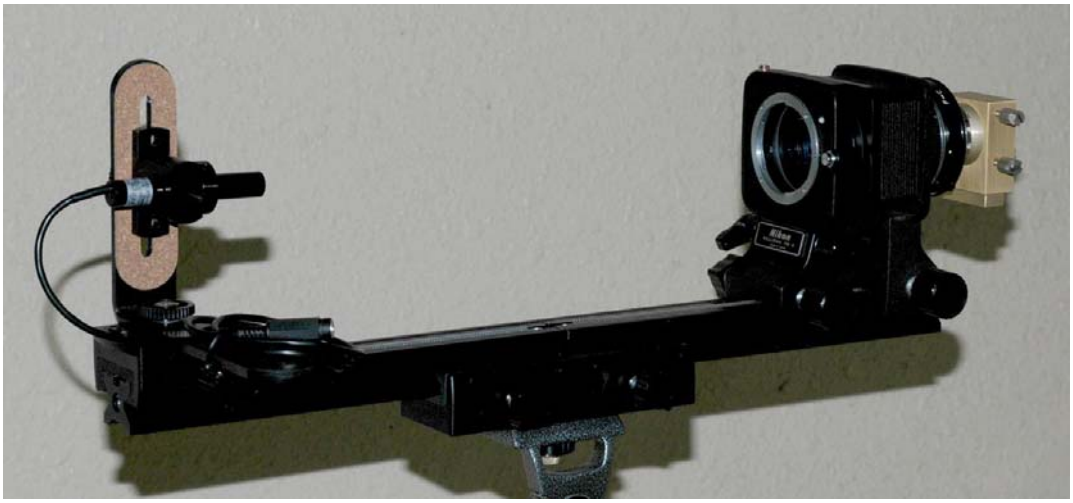


図１　簡易粒径計測システムーポータブル型光学系の外観

（ケンコー クローズアップレンズ MC No.10, 52mm 使用時）

表２　粒径の測定レンジ（最小径～最大径）**と動作距離**（レンズ端からの距離）

ポータブル型の光学系			定置型の光学系		
使用レンズ	粒径レンジ	作動距離	使用レンズ	粒径レンジ	作動距離
MC No.10	**約 8～450μm**	**400mm 以内**	SLB-80-100PM	約 6～450μm	400mm 以内
AC No.5	約 16～900μm	800mm 以内	SLB-80-200PM	約 12～900μm	800mm 以内
50mm F1.2S	約 4～220μm	200mm 以内	―	―	―

１．事前準備

A. 半導体レーザーの動作確認　　**【 注意：レーザーの出射口を直接覗かないこと。】**

(1) 半導体レーザーの電源を入れ、平行な光ビームが出射されることを確認して下さい。光ビームが平行でない場合には、半導体レーザーの取扱説明書に従って調整して下さい。

(2) 出力調整ダイヤルを回すことにより、レーザー光の強さが調整できることを確認して下さい。

B. C-MOS カメラの動作確認（カメラには適当な C マウントのレンズを装着）

(1) C-MOS カメラキットの取扱説明書にしたがって、カメラキットを PC に導入して下さい。

① PC に付属のソフトウェア XCAP for Windows（XCAP-Lite Ver.2.2）をインストールする。

② PC の電源を切り、付属の PIXCI-D ボードを PC 本体の PCI バスに取り付ける。

③ PC とカメラを専用ケーブルで接続して PC を再起動する。

④ PIXCI-D ボード用のドライバーを PC にインストールし、WindowsXP のパフォーマンスオプションのうち**視覚効果**を**「パフォーマンスを優先する」**に切り替える。

⑤ PC 上で XCAP を起動し、カメラ用に 60Mbyte の**メモリ確保の設定**を行い、PC を再起動する（Memory Requested for Frame Buffers＝60Mbyte）。詳細は説明書【XCAP で連続画像の撮影、再生、保存を行う】p.7、強制確保を解除して元に戻す方法（Windows NT/2000/XP 環境下で強制割当をしない範囲での最大メモリ確保する方法）を参照のこと。

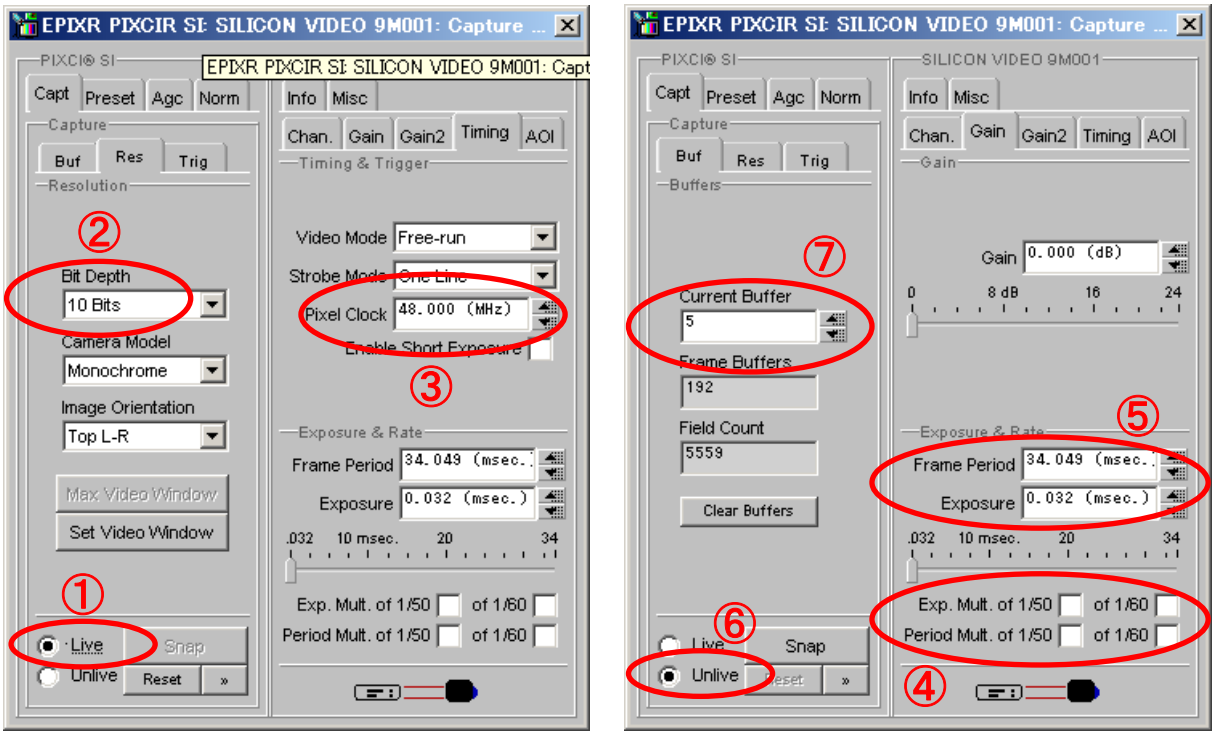
現行システムは XCAP-Lite Ver.2.2 を対象としています。XCAP-Lite Ver.3.0 では作動しません。
XCAP-Lite Ver.2.2 の入手については，輸入元（株式会社アルゴ）へお問い合わせ下さい。
XCAP-Lite Ver.3.0 使用の際は、XCLIBWNT.dll を XCLIB Ver.3.0 のものと交換して下さい。

(2) XCAP を起動して、Current Buffer（Capture ウィンドウ右側 Buf タグ内；図 2(b)中⑦の部分）が 7 以上の値に変更可能であることを確認して下さい。

(3) **Live 画像を表示し**（Capture ウィンドウ左側 Res タグ内の Live をチェック；図 2(a)中①の部分）、**Bit Depth＝10Bits**（Capture ウィンドウ左側 Res タグ：図 2(a)中②の部分）、**Pixel Clock＝48MHz**（Capture ウィンドウ右側 Timing タグ内；図 2(a)中③の部分）**の状態で、正常に動作することを確認**して下さい（エラー「Error: Video not Captured (PCI FIFO Overflow)」などが出ない）。

(4) 正常に作動しない場合、不要のディバイスを全て外し、無関係のアプリケーション（Anti-Virus ソフト等も含む）を全て終了した状態で、(1)から再試行して下さい（他のソフトと競合する可能性あり）。また、PIXCI-D ボードやケーブルの接触不良がないか、PC 上で PIXCI-D ボードが正常に認識されているか、PC はカメラの要求仕様を満たすかなどを調査して下さい。

(5) 次に、Bit Depth＝10Bits（図 2(a)②）の状態で Pixel Clock（図 2(a)③）を徐々に大きくして、カメラが正常に動作する上限の Pixel Clock の値を調べて下さい。Pixel Clock の上限が 62MHz 未満の場合には、簡易粒径計測システムのプログラム定数の変更が必要です（定数設定ファイル DSMLDM.set 中の PCF_012 の部分を上限値の 95%程度の値に変更）。



(a) Resolution 設定タグと Timing 設定タグ　　(b) Buffer タグと Gain, Exposure 設定タグ

図 2　XCAP for Windows の Capture ウィンドウ

C. 光学系の組み立て、光軸の調整

(1) 図 3 を参考に光学系を組み立て、PC と CMOS カメラを専用ケーブルで接続して下さい。半導体レーザーを固定する際は、先端のコリメーター部分をベースマウント金具で締め付けないで下さい（コリメーターレンズが破損する）。光源とレンズの間隔が不足する場合には、エクステンションベローズ（ベース部のみ）をさらに追加し光学系を延長して下さい。

(2) CMOS カメラの撮像素子にゴミやほこりが付着していないことを確認して下さい。また、レ

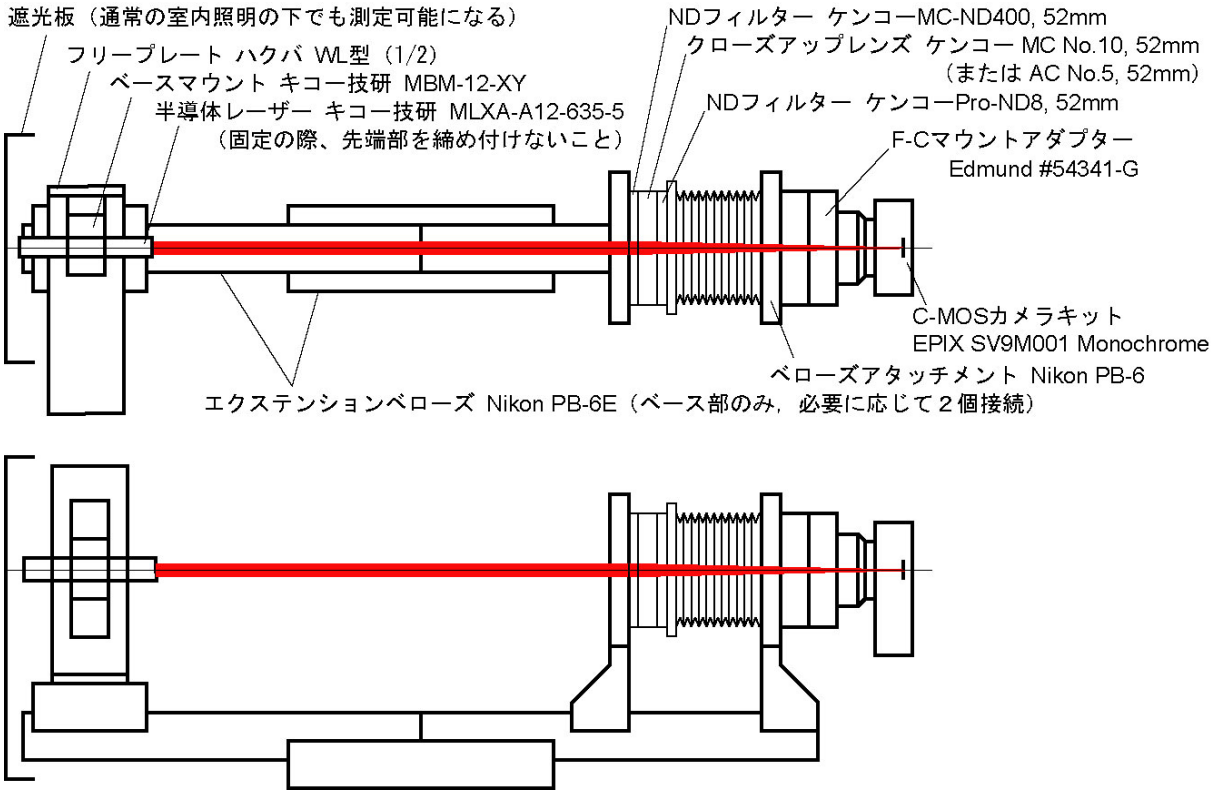
ンズ、ND フィルター、半導体レーザーのコリメーターレンズ部にゴミやほこり、指紋の付着などが無いことを確認して下さい（測定の際もレンズ等に汚れがないことを毎回確認のこと）。

(3) クローズアップレンズの位置を、CMOS カメラの撮像面とレンズ中心面の距離がレンズの焦点距離と同程度（標準の MC No.10 レンズ使用時は 100mm）となるよう粗調整して下さい。Nikon Ai Nikkor 50mm F1.2S レンズ使用時には、絞りを開放(F1.2)、フォーカスを∞にします。

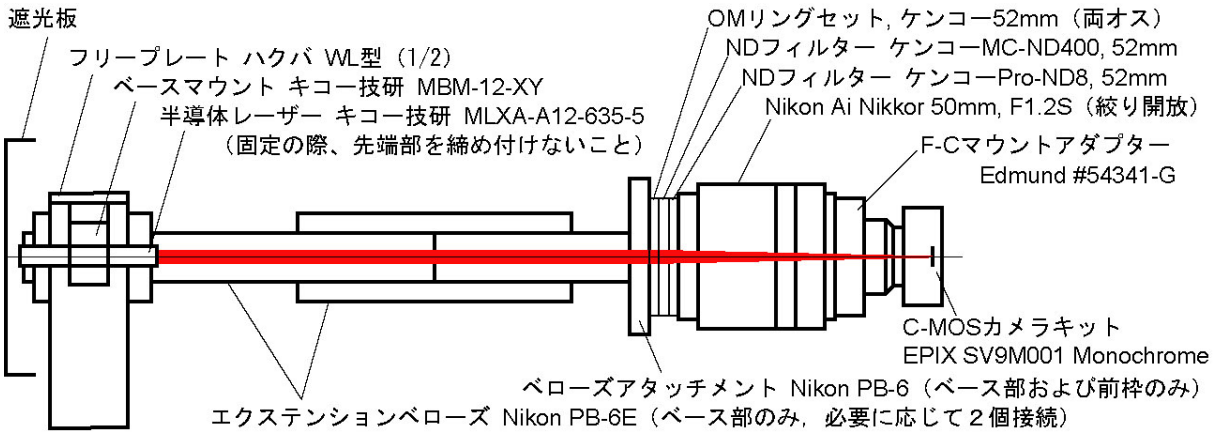
(4) 半導体レーザーの電源を入れ、出力調整ダイヤルを最大にして下さい。なお、Pro-ND8 の代わりに ND4 や ND2 を使用する場合は、出力調整ダイヤルは 1/2 程度にして下さい。

(5) **光ビームがレンズのほぼ中心に垂直に入射する**よう光軸を粗調整して下さい。

(6) PC 上で XCAP を起動し、Live 画像を表示して下さい。Exp. Multi および Period Multi の機能を



(a) ケンコー クローズアップレンズ MC No.10, 52mm または AC No.5, 52mm 使用時

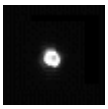
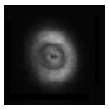


(b) Nikon Ai Nikkor 50mm F1.2S 使用時

図３　簡易粒径計測システムーポータブル型光学系の構成

全て OFF にし（Capture ウィンドウ右側 Gain タグ内：図 2(b)④）、Exposure および Frame Period を最小値に設定して下さい（Capture ウィンドウ右側 Gain タグ内：図 2(b)⑤）。

(7) XCAP 上で Live 画像を確認しながらクローズアップレンズを前後に少しずつ動かして、レーザー光のスポットが最も小さくなるように調整して下さい（図４参照ー画面上の小さな白い点が光スポット，光が強いと中心部が黒抜けする）。このとき、XCAP の Zoom 機能（View プルダウンメニュー内の Zoom）を ON にすると調整が容易です。併せて**光スポットの位置が画面のほぼ中央**となるよう半導体レーザーの位置や向きを微調整して下さい。ここで、**光ビームはレンズのほぼ中央に垂直に入射**していなければなりません。

(a) In Focus　(b) Out of Focus

図４　レーザー光のスポット

※　上記の調整（光軸、焦点）に不備があると、直ちに大きな測定誤差を生じます。

※　Nikon Ai Nikkor 50mm F1.2S レンズ使用時には、フォーカス・ダイヤルを回して光スポットが最小となるよう調整します。なお、事前に CMOS カメラのレンズマウント金具の位置を少し内側に（突起が短くなるよう）ずらしておくと、調整幅が大きくなり調整が容易になります。

(8) **表３　必要なファイル・プログラムの一覧**

ファイル・プログラムの名称	備　考
DSMLDM??.exe　（配布）	簡易粒径計測システムの実行用プログラム
XCLIBWNT.dll　（配布）	上記のダイナミックリンクライブラリ
DSMLDM??.cpp　（配布，必須ではない）	簡易粒径計測システムのソースコード（C++）
DSMLDM.set　（配布，要調整）	簡易粒径計測システムの定数設定ファイル
DSMLDM.dat（下記のいずれかを rename） **DSMLDM_*****_F100.dat**　（配布） **DSMLDM_*****_F200.dat**　（配布） **DSMLDM_*****_F50.dat**　（配布）	散乱光強度分布のデータファイル 焦点距離 100mm レンズ使用時 焦点距離 200mm レンズ使用時 焦点距離 50mm レンズ使用時
DSMLDM-txt.ngp　（配布）	粒径分布を表示するための Ngraph のファイル （要調整：読込の先頭スキップ行＆最終行）
Ngraph for Windows ２次元グラフ作成プログラム	シェアウェア（@3,000：導入を推奨） （http://www.vector.co.jp/などから入手可能）
C++コンパイラ（Microsoft Visual C++.net）	コードを修正して再コンパイルする際に必要
XCLIB（**XCAP-Lite と同一 Ver.のこと**） EPIX CMOS カメラ用ソフトウェア開発キット	コードを修正して再コンパイルする際に必要 （@75,000：必要に応じて）

D. プログラム・ファイル等の準備

(1) 専用のフォルダを作成し、その中に表３中に赤い字で示したファイルをコピーして下さい。なお、このフォルダは、フォルダオプション（エクスプローラの「ツール」プルダウンメニューより）の表示タグ内の詳細設定「登録した拡張子は表示しない」のチェックを外しておいて下さい。

(2) **DSMLDM_??.dat** は、伊藤正行氏が開発した Mie 散乱計算プログラムライブラリー[(2)]を引用して所定の粒径の粒子からの散乱光の強度分布を計算した本システム用のデータファイルです。使用するレンズの焦点距離に対応したファイルを選び、その名称を **DSMLDM.dat** に変更して下さい。水の屈折率にもとづいて計算したものですが、他の液体でも利用可能です（粒径 10μm

程度以上なら屈折率の値が少々異なっても測定結果にほとんど差がない)。

(3) DSMLDM.set 内の定数は使用目的に応じて適宜、調整して下さい（変数との対応や役割はソースコードならびに表 5 参照)。なお、簡易粒径計測システムのソースコードを修正する場合には、C++コンパイラおよびソフトウェア開発キット XCLIB が必要になります。

２．試運転

(1) 簡易粒径計測システムは、光学系の受光部に不要の光が入射しないように設置して下さい。通常の室内照明の下ならおおむね使用可能です。

(2) まず、噴霧のない状態で調整と動作確認を行います。**XCAP および他のアプリケーションを全て終了した上**で、簡易粒径計測システムのプログラムを起動し（表３のファイルの入ったフォルダを開き、DSMLDM??.exe をダブルクリック)、画面の指示に従って半導体レーザーの電源を ON/OFF しながら”Setting for Image Analysis”（図５）まで進んで下さい。

(3) 図５①のレーザー光の**スポット半径(Laser Spot: Radius)が、3.6～4.0 pixel 程度**（4.5 pixel 以上は不可）であることを確認して下さい。図５②の”Complete Setting ? (Yes => Y / Retry => R / Exit => N):”に対して”R”を入力すると”Setting for Image Analysis”を再試行できますので、スポット半径が大きすぎる場合には、半導体レーザーの出力を若干絞って再試行して下さい。

(4) 上記(3)の条件を満たす範囲で、最も外側の領域の輝度(Outer Arc: Intensity)がなるべく大きな値（できれば 4 程度以上）となるよう、レーザーの光出力を調整して再試行して下さい。（調整を繰り返しても(3)(4)の条件を満足できない場合は、C.(7)の焦点調整をやり直して下さい。）

(5) マスク率（図５③）が 10%程度以下であることを確認して下さい。20%を超える場合には、光学系部品やカメラの撮像素子表面が汚れていないか、光ビームがレンズのほぼ中央にほぼ垂直に入射しているかなどを確認して下さい。マスク率を適正化できない場合には、定数設定ファイル DSMLDM.set 内のノイズ検出のしきい値を調整して下さい(CUTITP を大きくする)。

(6) ”Complete Setting ?”に対して”Y”を入力すると、粒径測定に移ります。”Run #0??: ”に続けて測定メモを入力すると（図６④参照，スペースを含まないこと)、測定が始まります。測定結果は図６⑤のように表示されます。このうち **Transmittance** は光ビームの透過率、**Intensity** は粒子群からの散乱光の強度、**Total Fv** は正規化前の粒径分布の頻度の合計（内部で解いた連立 1 次方程式の解の合計)、**D32** は粒子群のザウター平均粒径(体表面積平均粒径)、**D30, D20, D10** はそれぞれ体積平均粒径、面積平均粒径、長さ平均粒径です。また、**Dv10, Dv50, Dv90** はそれぞれ累積頻度分布(体積基準)の 10%径、50%径、90%径、**Span** は粒径の均一度の指標です。

(7) 最初は光ビーム上に粒子の全く無い状態で測定してみて下さい。この状態では、光ビームの透過率 Transmittance が 1.0 程度となるはずです。透過率が 1.05 以上または 0.95 以下の場合、レーザーの光出力が安定していない可能性があります。半導体レーザーを 30 分程度ウォーミングアップ（通電）した上で、上記(2)からやり直してみて下さい。

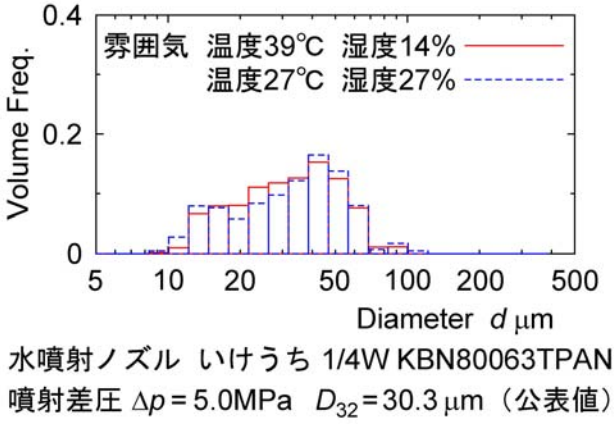
(8) 図６⑥の" Continue ? (Yes => Y / No => N / Recalculate(w/o huge drop) => R): "に対して”Y”を入力すると次の測定ができます。既知の直径の円が多数プリントされたレチクルなどを光ビーム上に設置して測定してみて下さい。画面のヒストグラム表示”Volume Frequency”が単一のピークとなっていること、**Dv50** の表示が円の直径とほぼ一致していることを確認して下さい。なお、”Continue ? (Yes => Y / No => N / Recalculate(w/o huge drop) => R):”に対して”R”を入力すると、測定レンジ上限付近の粒径の頻度を無視して各種粒径を再計算します。

```
    ######################################################################
    ##                                                                  ##
    ##        Drop Size Measurement by Laser Diffraction Method         ##
    ##                                                                  ##
    ######################################################################


**********   CLOSE XCAP-Lite (image viewer)   **********     Press [CR] key.

Reading Data
   Arcs / Decade              =  12
   Pixel Size / Focal Length  =  5.2e-005
   Wave Length of Laser       =  0.635 [micron]
   Relative Refractive Index  = (1.330, 0.000)
   Exponent of R for Analysis =  1.500

Camera Setting
   Columns = 1280   Rows = 1024   BitDepth = 10   Frame = 192   Capture = 5

            PCF(MHz)     Exposure(msec)        Ratio
   Image-0      60          0.0254333              1
   Image-1      60            0.82418          32.4055 ( x 32.4055 )
   Image-2      60             26.708          1050.12 ( x 32.4055 )
   Image-3      25            436.581          17165.7 ( x 16.3464 )
                                        ( Total Bit Depth = 23.8486 )

**********  TURN  OFF  LASER.  ( stop spray )  **********     Press [CR] key.

Getting Sensor Noise
   Image-0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0   Ave.= 5.23272
   Image-1    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0   Ave.= 5.34844
   Image-2    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0   Ave.= 5.72826
   Image-3         34        69        102       135       169   Ave.= 7.43563

**********  TURN  ON  LASER.  ( stop spray )  **********     Press [CR] key.

Background Image
   Getting Images: 012[3]210 012[3]210 012[3]210 012[3]210 012[3]210  [C]

   OverRange = 27 [pixel]

Making Mask:   Masked = 158071 [pixel]  ( 12.1% )   ←③

Setting for Image Analysis
   Laser Spot:  Radius =    3.9 [pixel]    Center = ( 574.1, 505.6 ) [pixel]
   TM estimate: Radius =    5.0 [pixel]    Intensity: 3.72e+006   ( 24.9% )   ←①
   Inner Arc:   Radius =   15.0 [pixel]    Intensity: 1.58e+005   (  1.1% )
   Outer Arc:   Radius =  843.5 [pixel]    Intensity: 6.28

   Diameter Range:  6.63 - 452 [micron]

         Complete Setting ? ( Yes => Y / Retry => R / Exit => N ): Y   ←②
```

図５　簡易粒径計測システムの画面表示の例（背景光の調整）

```
          Complete Setting ? ( Yes => Y / Retry => R / Exit => N ): Y


         ************************************************************
         *     START MEASURMENTS                                    *
         *          Enter Comment(w/o space) and Press [CR] key.    *
         ************************************************************

Run #001: Reticle250+Huge        ←④
   Getting Images: 012[3]210 012[3]210 012[3]210 012[3]210 012[3]210  [C]
   Displacement of Laser Spot = 0.20 [pixel]

   Volume Frequency
       |
       |_
       |T
       |T                                          88
       |T                                          88
       |T                                          88
       |T                                          88
       |T                                    oo    88
       |T                                    88    88
       |T                                  oo88oo  88
       ++-----------------------------------------+
      Small                                      Large

   Transmittance = 0.845  Intensity = 0.471  Total fv = 1.54450
   D32  = 331.7,    D30  = 305.7,    D20  = 293.5,    D10  = 281.6
   Dv10 = 224.4,    Dv50 = 393.7,    Dv90 = 440.0,    Span = 0.548
                                                              ←⑤
      Continue ? ( Yes => Y / No => N / Recalculate(w/o huge drop) => R ): R
                                                              ←⑥
   Recalculate: Ignoring larger droplets than 307.6 micron.
   D32  = 235.6,    D30  = 305.7,    D20  = 293.5,    D10  = 281.6
   Dv10 = 211.2,    Dv50 = 235.9,    Dv90 = 260.5,    Span = 0.209

                     Continue ? ( Yes => Y / No => N ):
```

図６　簡易粒径計測システムの画面表示の例（粒径計測）



水噴射ノズル いけうち 1/4W KBN80063TPAN
噴射差圧 $\Delta p = 5.0$MPa　$D_{32} = 30.3\,\mu$m（公表値）

図７　測定結果の一例（Ngraph による粒径分布の表示）

(9) これらの測定が終わったら、一旦プログラムを終了して（"Continue ? "に対して"N"を入力)、出力ファイルの内容を確認して下さい（出力ファイルの内容の詳細はソースコードを参照のこと)。なお、出力ファイルはプログラム起動の度に上書きされます。

- DSMLDM.txt には、Transmittance、Intensity、各種の粒径ならびに粒径の頻度分布などが保存されています。Ngraph で DSMLDM-txt.ngp を開くと、頻度分布を確認できます（図 7 参照, Ngraph のデータ／設定で読込みの先頭スキップ行と最終行を適宜修正のこと)。
- DSMLDM.cbk には、背景光の強度の半径方向分布が保存されています。通常ならば図８に示すように、光強度はおおむね散乱角 θ の–2.5 から-2.0 乗に比例して減少します（光学系が汚れている場合などには、右端が持ち上がった形になる)。**背景光強度分布の傾きに合わせて変数 POWER の値を調整して下さい。**
- XCAP を起動し、Unlive モード（図 2(b)の⑥）のままで Current Buffer 番号（図 2(b)の⑦）を変えることにより測定に使用した画像が確認できます(6 以降(枚数はメモリに依存)は測定時の画像、 4 は背景光(無噴霧状態)の画像、5 は光ノイズを除去するマスクのパターン)。
- DSMLDM.out には、粒径頻度分布の測定に用いた光強度半径方向分布が保存されています。

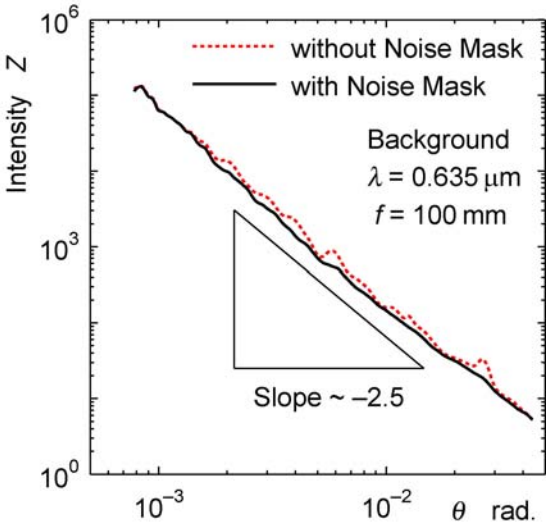


図８　背景光強度の半径方向分布の一例

３．使用上の注意

(1) 本システムは、測定用の光ビーム以外の強い光が受光部（レンズ）に入射しないように設置して下さい。受光部が部屋の窓や照明灯を向くような設置は避けて下さい。

(2) 光軸がずれないよう、各部品は確実に固定するとともに（焦点調整が終わったらベローズのロックネジを締める)、測定の過程で光学系に強い力や衝撃・振動を加えないで下さい。

(3) 本システムは、粒子群からの散乱光の強度分布が時間的にほとんど変動しないことを前提としています。そのため**間欠噴霧や噴霧パターンが時間変動する噴霧などは測定できません。**

(4) 本プログラムには多重散乱を補正する機能は含まれていません。噴霧が濃く、**透過率が低い場合には、多重散乱のため粒径を過小評価する可能性があります。**一般に、光ビームの透過率 Transmittance が 0.65 以下の場合（ザウター平均粒径 D32≦20μm では 0.85 以下の場合）には、多重散乱の影響が無視できなくなるとされています[(1)]。

(5) プログラムが表示する警告"Warning"は目安に過ぎません。警告の表示が出ないことは、測定結果の妥当性を保証するものではありません。

(6) 一般に、微小前方角散乱に基づく粒径計測装置(LDSA など)は空間平均の粒径を測定し、位相ドップラー法に基づく粒径計測装置(PDA など)は時間平均の粒径を測定します。これに対し本システムで測定する粒径は、原理上、時間平均でも空間平均でもありません（大きな粒子に関しては前者に近く、微細な粒子に関しては後者に近い)。測定対象の粒子群が移動している場合（特に大きな粒子と微細な粒子の速度が大きく異なる場合）には注意が必要です。

(7) 焦点距離 200mm のレンズに交換すると測定レンジ上限の粒径が約 2 倍になります(表 2 参照,

標準は焦点距離 100mm)。但し、光軸のずれ等の影響が顕在化しやすい傾向にあります。

(8) 一方、焦点距離 50mm のレンズに交換すると測定レンジ下限の粒径が約 1/2 倍になります。但し、この場合には僅かな振動でも光軸がずれやすいので注意して下さい。

４．測定誤差の原因と対応

(1) 測定の過程（Background Image 取込み後）で光軸がずれると

⇒ Transmittance を過大評価したり、粒径分布が歪んだりする。

（対応） 図６⑥の光スポット位置のずれが 1pixel 程度以下であることを常に確認する。光軸がずれた場合には、測定を中止して最初からやり直す。

（補足） C.(7)の焦点調整や 2.(3)の光スポット径の調整が不十分な場合、光軸のずれの影響を受け易くなる。空気の密度変化などにより光ビームが屈折した場合も同様。

(2) 受光部や半導体レーザーに水滴やごみなどが付着すると

⇒ 付着した水滴やごみも含めて粒径分布を測定する。

(3) 表２に示す動作距離より遠方に粒子があると

⇒ 散乱光の一部が受光部で蹴られるため、小さな粒子の頻度を過小評価する。

(4) 粒子数が少なく Intensity や Total Fv の値が小さい場合

⇒ 粒径分布や各種粒径の測定誤差が大きい。

（補足） 定数 FVCUT, FVNCUT の値の設定によっては、各種粒径の表示が全て 0 となる。

(5) 測定レンジ上限付近の粒径の粒子が多数存在すると（上限より大きな粒子があると）

⇒ Transmittance を過大評価したり、粒径分布が歪んだりするので、信頼性が低い。

（補足） **Dv90** の表示が粒径測定レンジの上限に近い場合や **D32** の表示が上限の半分より大きい場合などには注意が必要。

(6) 測定レンジ下限より小さい粒径の粒子が多数存在すると

⇒ 小さな粒子の頻度が正しく測定されない（各種粒径の表示は無効)。

（補足） **Dv10** の表示が粒径測定レンジの下限に近い場合には注意が必要。

(7) 焦点調整が適切でない場合（C.(7)で光スポットが最小となるように調整されていない場合）

⇒ Transmittance を大きめに見積もり、各種粒径を過小評価する。

文　献

(1) 日本工業規格 JIS Z 8825-1: 2001 (ISO 13320-1: 1999)，粒子径解析―レーザー回折法―第 1 部：測定原理，(2001)，日本規格協会.

(2) 伊藤正行，微粒子計測のための高速・高精度ミー散乱計算プログラムライブラリーの開発，RC114 最適噴霧制御技術の確立とスプレイテクノロジーの体系化に関する調査・研究分科会―研究成果報告書（最終)，(1994)，pp.260-290，日本機械学会.

(3) 日本液体微粒化学会編，アトマイゼション・テクノロジー，(2001)，森北出版.

(4) 椿淳一郎・菅野泰平，現場で役立つ粒子径計測技術，(2001)，日刊工業新聞社.

(5) 鈴木孝司・斉藤　朗・藤松孝裕・林田和宏，簡易粒径計測システムの開発（第 1 報：開発の経緯とシステムの概要)，微粒化，Vol.16, No.54 (2007), pp.34-46.

(6) 鈴木孝司・斉藤　朗・藤松孝裕・林田和宏，簡易粒径計測システムの開発（第２報：測定例および精度や適用可能範囲の検討)，微粒化，Vol.17, No.58 (2008), 印刷中.

表４　DSMLDM.txt（測定結果出力ファイル）の内容

１行目～２行目（１行目はヘッダー）

#001 測定時メモ	正規化前の 頻度の合計	散乱光 の強度	透過率	光スポット のずれ量	求解 SOR ループ数	収束残差	エラー コード	D_{32} μm	D_{30} μm	D_{20} μm	D_{10} μm	D_{v10} μm	D_{v50} μm	D_{v90} μm	Span

３行目以降（３行目はヘッダー）

中心粒径	正規化前 の頻度	ヒストグラム の級の始点	0	ヒストグラム の級の終点	正規化後の 頻度 Fv	累積頻度分布 のための粒径	累積頻度 ΣFv	**ヒストグラム の級の終点**	**分布関数の形の 頻度 Fv／Δd**
（最小）	・	・	・	・	・	・	・	・	・
・	・	・	・	・	・	・	・	・	・
・	・	・	・	・	・	・	・	・	・
・	・	・	・	・	・	・	・	・	・
（最大）	・	・	・	・	・	・	・	・	・

#　次の測定結果出力の始まり

エラーコードの意味

Code =　0001　散乱光強度(Intensity)の不足
　　0010　連立１次方程式の解が全てノイズレベル以下
　　0100　粒径分布において最大径のノイズや頻度の低い部分が目立つ
　　1000　測定時のレーザースポットサイズが過大（透過率を妥当に評価できない可能性あり）

表５　DSMLDM.set（定数設定ファイル）の内容

IMAX (≦5, 5)	TH_B (≦960)	TH_H (880)	TH_L (10)	TH_X (2)	TH_N012 (25)	TH_N3 (60)	PCF_012 (60.0)	PCF_3 (25.0)
POWER2 (1.5)	ALPHA (0.3)	EPSILON (1.0E-7)	FVCUT (1.0E-4)	FVNCUT (0.001)				
FilterType (1)	POWER (2.0)	N_FILTER (2)	CUTITP (2.0)	W_CURB (1)				

IMAX　　Image-0,1,2 の撮影回数の半分, Image-3 の撮影回数

TH_H　　CMOS センサのリニア領域の上限の輝度値

TH_B　　CMOS センサ出力がリニアから約５%低下する輝度値

TH_L　　CMOS センサでの量子化誤差が許容できる輝度値の下限

TH_X　　散乱光強度分布を解析する際の輝度値の下限

TH_N012　　Image-0,1,2 に対する Laser off 状態でのセンサノイズの許容値

TH_N3　　Image-3 に対する Laser off 状態でのセンサノイズの許容値

PCF_012　　Image-0,1,2 撮影の際の PixelClkFreq.[MHz] （PC の性能に依存，B.(5)参照）

PCF_3　　Image-3 撮影の PixelClkFreq.(最低値) [MHz]

POWER2　　散乱光強度分布を左右おおむね対称のかたちに変換するための θ のべき指数
（データファイル DSMLDM.dat に対応した値とすること）

ALPHA　　連立１次方程式を解く際の緩和係数（粒径分布の形状に影響を及ぼす）

EPSILON　　連立１次方程式を解く際の収束判定値

FVCUT　　信頼性の低い解を Cut する敷居値（EPSILON の 10～100 倍）

FVNCUT　　粒径分布において頻度がこの値以下の部分は無視する

FilterType　　光 Noise mask 用 filter の切り替え（ 1 以上= ON ／ 0 = OFF ）

POWER　　背景光および散乱光の強度分布を平坦化するための θ のべき指数（ $I\theta^{POWER}$ ）
各領域の平均光強度の計算ならびに光 Noise 検出に使用

（FilterType＝0 のとき、以下は何が入っていてもよい）

N_FILTER　　光 Noise 検出に先立って $I\theta^{POWER}$ を Smoothing する回数

CUTITP　　光 Noise 検出のしきい値 $I\theta^{POWER} \big/ mean\left(I\theta^{POWER}\right)$

W_CURB　　光 Noise と判断された画素の周囲の±W_CURB 内の画素もマスクする

謝　辞

この計測システムの開発に先立ち、元国士舘大学教授・中山満茂先生ならびに JAXA・林茂氏から有益なご助言をいただきました。システムの開発過程においては、富山商船高等専門学校・斉藤晶先生、鈴鹿工業高等専門学校・藤松孝裕先生、(元)木更津工業高等専門学校・林田和宏先生には、試用・検証など多大なるご協力いただきました。ここに付記して感謝の意を表します。また、日本液体微粒化学会の微粒化実験・計測法に関する研究分科会の皆さんにも感謝します。

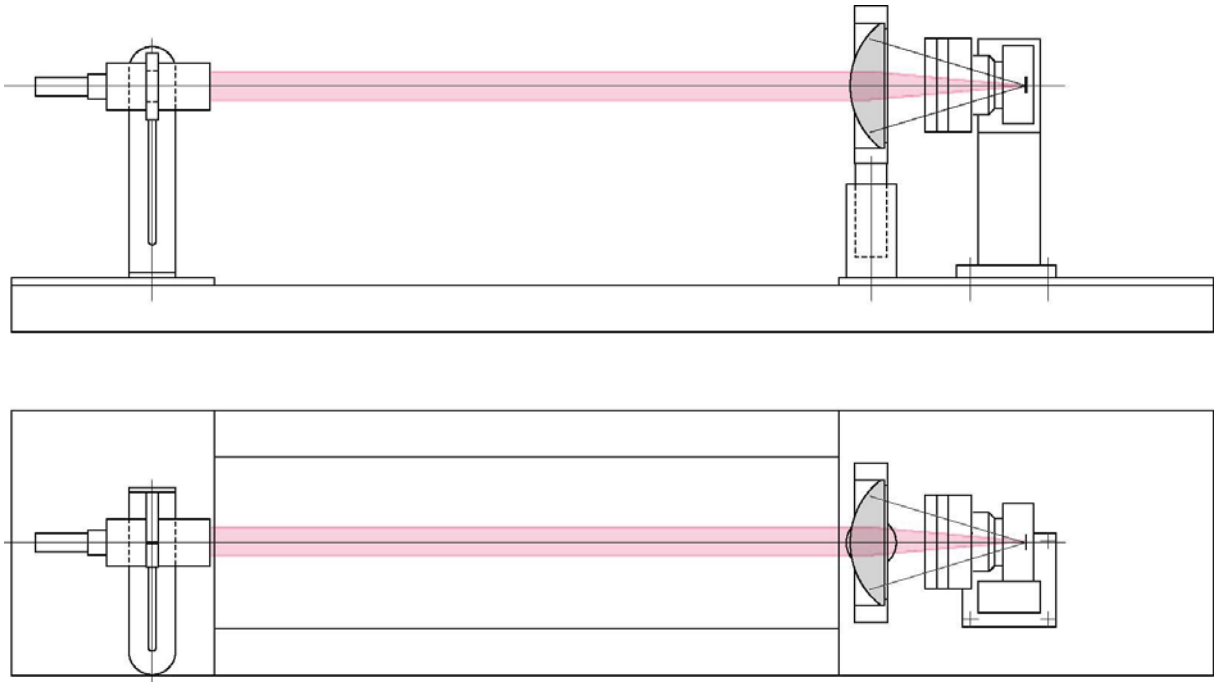


図９　簡易粒径計測システムの光学系(定置型)

(詳細は筆者までお問い合わせ下さい)

簡易粒径計測システムに必要なファイルなどをご希望の方は、筆者までお問い合わせ下さい。現段階では、大学・高専などの研究者の方にのみ配布しています（有償ソフトを除く)。

本システムは開発段階です。バグや不具合等につきましては、ご指摘いただければできるかぎり対応させていただきますが、自ずと限界があります。あらかじめご承知おき下さい。

簡易粒径計測システムのコードの著作権は、筆者ならびに筆者の所属する法人に帰属します。また、本コードはパブリックドメインソフトであり、決してフリーソフトウェアーではありません。学術研究上、本コードを利用される場合は本稿を引用願います。また、本コードの使用は、以下の点に留意の上、使用者の自己責任の範囲で行って下さい（学術・非学術的利用を問わず)。

「使用に際し、著作権所有者は、いかなる場合も使用者の逸失損益、特別な状態から生じた損害（損害発生につき、著作権所有者が予見し、または予見し得た場合を含みます）および、第３者から使用者に対してなされた損害賠償請求に基づく損害について一切責任を負いません。また、基本的に本稿の説明をもってサポートの限界とします。」

※　簡易粒径計測システムについて、皆さんからの試用報告をお待ちしています。

最終更新 2008.11. 5（DSMLDM Ver.2.5b）

メ　モ

(部品の入手先など)

(１) 半導体レーザー（MLXA-A12-635-5）およびベースマウント（MBM-12-XY）

・ 製造・販売　キコー技研（官公庁とも直接取引き可能，大学向け価格設定あり）

〒663-8105 兵庫県西宮市中島町 3 番 33 号

TEL. 0798-64-4715㈹　FAX 0798-65-1377　URL http://www.kikoh.co.jp

(２) CMOS カメラキット（EPIX 社製 SV9M001 Monochrome）

・ 輸入元　株式会社アルゴ（営業技術　伊豆泰彰氏）

〒564-0063　大阪府吹田市江坂町 1 丁目 17-26　吉田東急ビル 8F

TEL.06-6339-3366　FAX 06-6339-3365　URL http://www.argocorp.com

(３) 検定用のレチクル（Pyser-SGI 社製，スプレー小滴 NG30）

・ 輸入元　株式会社光洋

〒100-0006　東京都千代田区有楽町 1-12-1　新有楽町ビル 3F

TEL.03-3213-1571　FAX 03-3284-0167　URL http://shop.koyo-opt.co.jp/

2005/01

強制確保を解除して元に戻す方法

WindowsNT/2000/XP 環境下で強制割当をしない範囲での最大メモリ確保する方法

PIXCI®

1）XCAP を起動します。

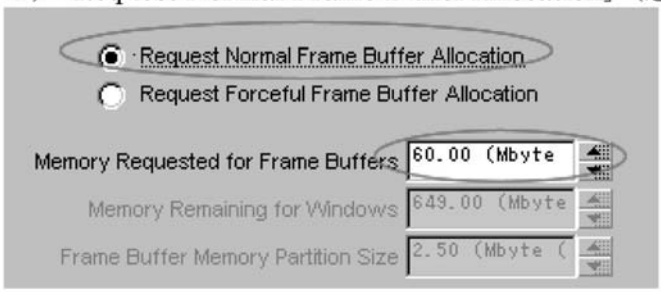
2）~~「Open/Close」~~ メニューの「Open/Close」を選択します。「Close」をクリックします。

3）「Open/Close」ダイアログで「Driver Assistant」ボタンをクリックします。

4）「Driver Assistant」ダイアログで「Set Frame Buffer Memory Size」を選択します。

5）「Memory Requested for Frame Buffer」欄に XCAP で必要なフレームバッファメモリ量を 64MB メガバイト未満で（例えば 60MB）入力します。Windows が直接メモリ制御を行うので、その他の欄の入力は必要ありません。

6）「Request Normal Frame Buffer Allocation」（通常確保）のオプションを選択します。



7）「Apply」ボタンをクリックします。「再起動後に有効になります」との旨のメッセージが現れますので「OK」をクリックします。

8）XCAP を閉じて Windows の再起動を行います。